

片刃係数に関する研究(第1報)

著者	竹内 常彦, 齋藤 浩三, 鞍掛 素
雑誌名	東北大学選鑛製錬研究所彙報 = Bulletin of the Research Institute of Mineral Dressing and Metallurgy, Tohoku University
巻	10
号	1
ページ	1-4
発行年	1954-09-30
URL	http://hdl.handle.net/10097/32205

片刃係數に關する研究 (第1報)

竹内常彦* 齋藤浩三* 鞍掛 素**

Studies on the Locking Factor. (I) By Tsunehiko TAKEUCHI, Kôzô SAITÔ and Sunao KURAKAKE.

In determining the degree of liberation of ore mineral, to compensate the appearing free particles of locked ones seen on the polished sections, a locking factor is used in the Gaudin's book. This locking factor has been derived by mathematical method by Moncriff and Lakewood.

The locking factor is studied by experimental methods, using artificial locked particles prepared with coloured Portland cement.

The result is shown in Figure 2 and the relation between locking factor L and mixed percentage of smaller constituent m can be shown as

$$L = 5.07 / m^{0.322}.$$

(Received June 5, 1954)

1. 緒 言

近年我國の選鑛操業は選鑛諸設備の改良，新式選鑛機械或は優秀な浮選試薬の使用，選鑛操業の科學的管理等各種の技術が著しく進歩し，また選鑛理論に關する研究や試薬合成の研究なども盛んに發表されている。鑛石の單體分離に關する研究も最近になつて漸く注目されつゝあり，選鑛操業を鑛石學的に検討する試みも二，三行われているが¹⁻⁵⁾，その理論については Gaudin の著書⁶⁾以後殆んど前進していない現状にある。

筆者等は昭和 23 年以來これに關する基礎的或は實操業的な研究を行つて來たが^{7,8,4)} 本報文に於てはその中の單體分離の測定を最も左右する片刃係數に關する研究の一部を報告する。

2. 單體分離度及び片刃係數について

破碎された鑛粒には 1 種の鑛物からなる單體粒子と 2 種以上の鑛物からなる片刃粒子がある。その場合鑛石中に含まれるある鑛物の總量に對する單體粒子として存在するその鑛物の量の百分率をその鑛物の單體分離度と稱する。

單體分離度の測定方法⁶⁾は破碎された鑛粒を篩分し，各粒度毎に固結研磨した試料を反射顯微鏡下に觀察し，單體成は共生體を區別し，一つの鑛物の單體粒子數に片刃となつてゐるその鑛物の粒子相當數を加えた數に對する單體粒子數の百分率をもつてその鑛物の單體分離度とする。また全粒子數に對する單體粒子數の百分率をその鑛石全體としての遊離度とする。この場合鏡下に見える鑛粒斷面では單體粒子であつても實際には片刃粒子であるものを片刃係數によつて補正する。

顯微鏡下に各鑛物間の量的關係を統計的に求めるには，研磨面に現われた粒子表面積の和をも

選鑛製鍊研究所報告 第 200 號

* 東北大學選鑛製鍊研究所

** 東北大學選鑛製鍊研究所 (現日本鑛業株式會社日立鑛業所選鑛課)

1) 三宅輝海：日鑛，66 (1950)，324.

2) 三宅輝海：鑛山地質，1 (1951)，12.

3) 瀧本 清，井上正康：水曜，12 (1952)，9.

4) 竹内常彦，齋藤浩三：選研彙，8 (1952)，227.

5) 三宅輝海：選研彙，9 (1953)，293.

6) Gaudin, A. M.: Principle of Mineral Dressing. (1939), 70~91.

7) 竹内常彦，齋藤重孝：選研彙，5 (1949)，15.

8) 竹内常彦：選研彙，7 (1951)，5.

つてする方法⁹⁾, 直線によつて切られる鑛粒の長さの和をもつてする所謂 Rosiwal 法¹⁰⁾, 篩分けにより粒子の大きさが揃っている場合には粒子数による方法⁸⁾ の3種があり, その正確度或は理論を取扱つた種々の報文¹¹⁾があるが測定粒子数が多ければ正確な値が得られることは周知の通りである。

片双係数は Moncriff 及び Lakewood¹²⁾ により求められた値が Gaudin の著書中にも引用されている。兩氏は鉛粒及びパラフィンを用いて人工共生體を作る實驗を行つてゐるが片双係數曲線は共生體を理想化して2種の鑛物が平面で接する球體を想定し, この球體が平面で切られる場合にその断面が共生體即ち片双として見られる場合の確率を, 兩鑛物の混比を變化させて計算して第2圖中に示した片双係數曲線を提示している。

顯微鏡下に各鑛物間の量的關係及び見掛け上の片双割合を充分注意して多數の粒子について測定しても, この片双係數は圖に見る様に補正度が著しく大きいので研究者にとつてその信憑性に不安があり, また片双係數はその鑛物の混在量にだけ關係するものであるかについて疑問もある。この點を考慮して補正を一率に1.3とした測定^{1,3)}或は全然片双係數の補正を行わない報文²⁾もあり, この方面の研究實驗者にとつて信頼のおける片双係數の提出が望まれている現状にある。

3. 研究 方 法

以上にかんがみ筆者等は實驗的に片双係數を求める爲に種々考究し豫備實驗を行つた結果, セメントを使用して人工共生體を作りこれから片双係數を求める實驗に従事である。即ち異つた色に着色したセメントにより異つた鑛物とするのであつて, 同じセメントを使用する爲, 硬度の差異或は剝離による境界面からの分離等を避けることが出來, 比較的粒度の大きい所で實驗を行うことが可能で顯微鏡を使用せずすみ, 混合割合も任意に變えられ, ジョークラッシャーで破碎する自然破碎形を使用し, また費用も比較的かゝらない等の利點がある。

その方法は先づ第一の色のセメントブロック(約煉瓦大のものを多數作る)を碎き¹³⁾篩分けて粒度を揃えたもの(Aと呼ぶ)を第2の色のセメント(Bと呼ぶ)で練り固める。この際に兩者の量比を人為的に變えることが出来るもので, 出来るだけA粒子が一樣に散在する如くよく練り合せる¹⁴⁾。更にこれを碎いて篩分けて種々の破碎比の試料に分類し, 各試料毎にその中から片双粒子のみをえらび出し第3の色のセメントに埋没する。破碎した場合に練棒に接していた部分は平面を呈し測定値を偏らせる恐れがあるので試料より除外しておいた。A粒子の粒度は測定上の精確を期するためなるべく大粒とし $-18.85+13.33$ mm (mesh の呼稱は與えられていないが, 13.33 mm の篩は $\sqrt{2}$ の公比で行くと 3 mesh の2段大きいもの, 18.85 mm の篩は3段大きいものに當る)のものについて先づ實驗を行つた。

以上の様にして片双セメント粒子を固結したものを研磨し寫眞1に示した様な研磨片を多數製作して測定に供した。研磨されたA粒子は全部片双狀態のものを擇んである故, 研磨片上に見掛け上單體粒子として現われて來る出現頻度を求めれば片双係數を知ることが出来る。この場合A成分の含有量を正確に知る爲 Delesse の方法に従い研磨面の有様をトレンジングペーパーに寫し, プラニメーターで面積を測定した。

9) Dellese, A.: Comptes Rendus, 25 (1847), 544, Ann. d. Mines, 13 (1848), 379. 11) による。

10) Rosiwal, A.: Verhandlungen der K-K Geologischen Reichsanstalt, 5 (1898), 143. 11) による。

11) Ravitz, S. F. and H. A. Steane: A. I. M. M. E. Contrib. 76-B (1935), 1, unpublished. 本論文は1952年在米中の東京大學久野久博士の好意により A. I. M. E. から直接寫眞複寫して送付されたもので同博士に深謝の意を表する。

12) Moncriff, B. G. and B. G. Lakewood: Montana School of Mines (1934), unpublished. 本論文は1951年和田正美教授が渡米された際 Gaudin 教授の許で寫して來られたものを拜見することが出來た。同教授の御厚意に深謝する。

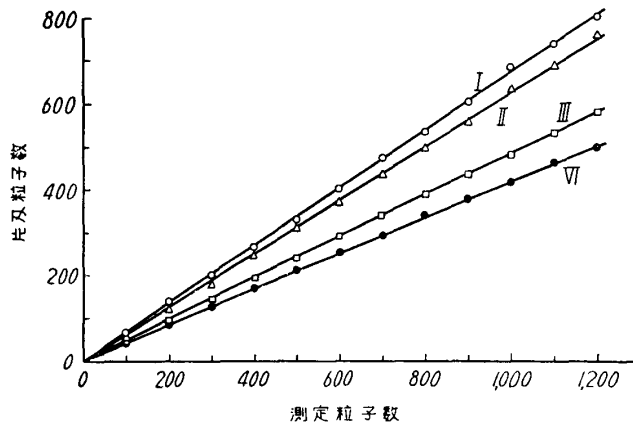
13) Blake Jaw Crusher, 給鑛口 200×100 mm, 最小間隙 5 mm, 5HP を使用した。

14) A を作る場合も, A grain を B で練り固める場合も濕潤養生を10日間とし, セメントは日本セメント株式會社製“アサノペロセメント”を使用した。

4. 測定結果

本報文に於ては A 粒子の大きいさ $-18.85+13.33\text{ mm}$ の場合の破碎比 1 即ち A 粒子の大きいさと同じに碎いたものについて、A 成分の量比は測定の結果 46.05 %, 36.56 %, 16.77 %, 10.75 %¹⁵⁾ の 4 種について求めた結果を掲げる。

測定粒子数は何れも 1,200 個を超えていて、単體或は片双に見える有様を圖示すると第 1 圖の如くで横軸に測定粒子数を、縦軸に片双に見える粒子数をとると直線的に變化する。この直線を $y=ax$ (但し x =粒子数, y =片双粒子数, a =常數) とし最小自乘法で常數 a 及びこの逆數即ち片双係数を算出すると第 1 表の如

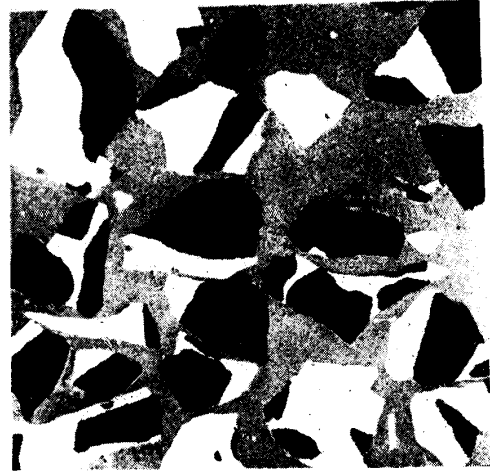


第 1 圖 測定粒子中の片双粒子

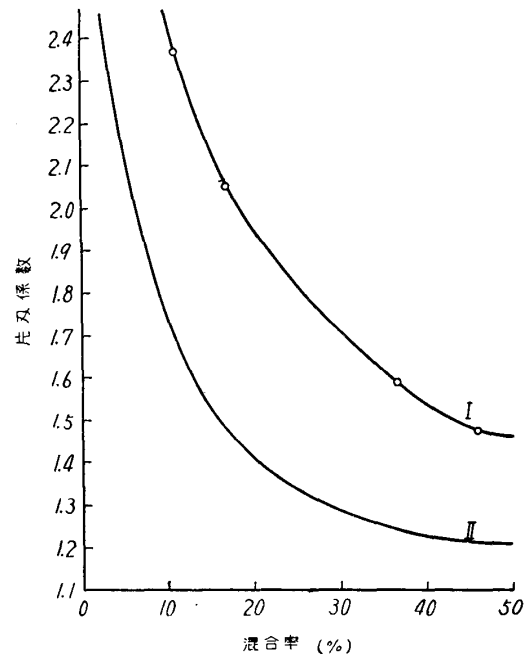
I : 混合少量成分 46.05 %
 II : 同 上 36.56 %
 III : 同 上 16.77 %
 IV : 同 上 10.75 %

第 1 表 混合比率と片双係数の關係

A 成分の含有量(%)	A成分:B成分	比例常數	片双係數
46.05	0.853	0.679	1.47
36.56	0.576	0.627	1.59
16.77	0.202	0.487	2.05
10.75	0.120	0.427	2.34



寫眞 1 セメントで作つた人工共生體 $\times 100$



第 2 圖 少量成分の混合率と片双係数との關係

I : 筆者等の測定結果
 II : Moncriff 及び Lakewood の曲線

くである。更に A 成分の含有量即ち 2 成分の混合比率と片双係数の關係を圖示すると第 2 圖の如くである。圖中には Moncriff 等の曲線も併示した。この關係を $\log-\log$ 座標にプロットすると直線的に變化する。この直線の方程式を相關係數法で求めると¹⁶⁾ (m は A 成分の含有百分率)

$$\log a = 0.323 \log m - 0.706 \dots\dots\dots (1)$$

この實驗式の信賴限界を算出すると

$$\log a = 0.323 \log m - 0.706 \pm 0.002,9$$

15) A 成分の量比は B 中に練り固める際に人爲的に 40 %, 30 %, 20 %, 10 % に調節したものであるが破碎比 $k=1$ より細く碎かれたもの及び單體粒子は供試料より除外してあるので最初の量比とは多少異つた値を示している。

16) Correlation coefficient $r = 0.9995$

となる。比例常數 a は (片双粒子數)/(總粒子數) であるから片双係數の逆數を表わす。(1) 式より片双係數を求めると

$$\text{片双係數 } L = 5.07 / m^{0.322} \dots\dots\dots (2)$$

となる。

5. 考 察

第2圖の曲線を比較すると傾向はよく類似しているが Moncriff 及び Lakewood のものより筆者等の方が補正量大きい。筆者等の實驗は A 成分の粒度と共生體を破碎した粒度が同じ、即ち破碎比1の場合について、その粒度も $-18.85 + 13.33 \text{ mm}$ についての結果だけで、更に種々の粒度について、また破碎比の異なるものについての測定を行いつゝあるのでその結果を俟つて更に詳細に報告する。たゞ現在筆者等は片双係數は共生體の混合比率だけに關係するものでなく、破碎比も1つの因子として入り單純な指數方程式では表わし得ない様に豫想している。

6. 總 括

(1) 鑛石の單體分離度を測定する場合に、研磨片上に現われる見掛上の單體粒子を補正する爲に Moncriff 及び Lakewood により片双係數が提出され、Gaudin もこの結果を引用している。

(2) 筆者等は數學的に求めた Moncriff 等の曲線に疑問をもち、實驗的に片双係數曲線を求める研究に従事中で、本報文はその第1報である。

(3) 實驗方法はセメントを使用し、それを着色することにより異種鑛物として混合させ、それを破碎した片双粒子を更に第3の色のセメントでかため、これを研磨して見掛上單體粒子に見える出現度から片双係數曲線を求めた。

(4) その場合混合比率を變化し、Delesse の方法でその比率を求め、片双係數曲線を求めると第2圖の如くで

$$\text{片双係數 } L = 5.07 / m^{0.322}$$

但し m は混合する少量成分の含有百分率

となる。

(5) この結果は Moncriff 等の値と傾向は似ているが補正度が著しい。筆者等の實驗は破碎比1で、粒度 $-18.85 + 13.33 \text{ mm}$ の場合の結果であるが、更に他の場合についても實驗を繼續中であるのでその結果をまつて片双係數に對する結論を出したい。

本研究に對し種々適切な助言をいただいた和田正美教授に厚く感謝する。なお實驗に要した費用の一部は文部省科學研究費の援助によつた。

補遺：本稿作成後入手した文献として次のものを擧げておく。

Chayes, F. : Min. Mag. 30 (1953), 147.

Barringer, A. R. : Trans. Inst. Min. Met. 63 (1953), 21.